

공고특허특1992-0008234

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 특허공보(B1)(51) Int. Cl. 5  
H01S 3/18(45) 공고일자 1992년09월25일  
(11) 공고번호 특1992-0008234  
(24) 등록일자

(21) 출원번호	특1988-0016988	(65) 공개번호	특1989-0010574
(22) 출원일자	1988년12월19일	(43) 공개일자	1989년08월09일
(30) 우선권주장	87-321707 1987년12월19일 일본(JP) 88-88697 1988년04월11일 일본(JP) 88-141622 1988년06월10일 일본(JP)		
(73) 특허권자	가부시끼가이샤 도시바 아오이 조이찌 일본국 가나가와켄 가와사끼시 사이와이꾸 호리가와쵸오 72번지		
(72) 발명자	기노시따 주니찌 일본국 가나가와켄 요코하마시 이소고꾸 신스기따 죠오 8 가부시끼가이샤 도시 바 요코하마사업소내		
(74) 대리인	김명신 이완휘		

심사관 : 박충범 (책자공보 제2961호)

(54) 그레이팅 결합형 표면발광 레이저 소자 및 그 변조방법.

## 요약

내용 없음.

## 명세서

[발명의 명칭] 그레이팅 결합형 표면발광 레이저 소자 및 그 변조방법 [도면의 간단한 설명] 제1a도는 종래의 반도체 발광레이저 소자를 나타내는 도면.

제1b도는 그 광강도 분포.

제2도는 본발명의 그레이팅 결합형 표면 발광레이저 소자의 광 강도분포도.

제3a도는 본 발명의 제1실시에인 그레이팅 결합형 표면발광레이저소자의 종횡단면도 및 평면도.

제3b도는 제3a도에서 그레이팅 결합형 표면발광 레이저소자의 광강도 분포도.

제4a도는 본 발명의 제2실시에인 그레이팅 결합형 표면발광레이저 소자의 종횡.단면도 및 평면도.

제4b도는 주변전극에만 전류를 주입하고 있을때의 광강도분포도.

제4c도는 중앙전극에만 전극류를 주입하고 있을때의 광강도분포도.

제4d도는 중앙전극에만 전극류를 주입하고 있을때의 광강도의 분포도.

제5a도는 중앙전극 및 주변전극에 전류를 주입하고 있을 때의 광강도의 분포도.

제5b도는 주입캐리어가 일정한 때의 광강도 분포도.

제5c도는 주입캐리어가 일정하지 않은 때의 광강도분포도.

제6a도는 본 발명의 제4의 실시예인 그레이팅 결합형 표면 발광레이저 소자의 평면도.

제6b도는 제6a도의 종단면도.

제6c도는 제6a도의 횡단면도.

제7도는 본 발명의 제4의 실시예에 있어서의 광강도 분포도.

제8도는 본 발명의 제4의 실시예에 있어서의 표면발광출력의 파-필드(far-field)패턴을 나타낸 도면.

제9a도는 본 발명의 제5의 실시예인 그레이팅 결합형 표면 발광레이저 소자의  $\Delta\Phi_1=\Delta\Phi_2=\lambda/4$ 인때의 +1차 모드의 광강도 분포도.

제9b도는  $\Delta\Phi_1=\Delta\Phi_2$ ,  $\Delta=\lambda/4$ 인때의 -1차모드의 광강도분포도.

제9c도는  $\Delta\Phi_1=\lambda/8$ ,  $\Delta\Phi_2=3\lambda/8$ 인때의 -1차모드의 광강도분포도이다.

\* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명1 : n형 InP기판 2 : 회절격자3 : 광도파로층 4 : 도프처리되지 않은 GaInAsP활성층5 : p형 InP클래드층 6 : p+형 GaInAsP오믹콘택트층21 : p측 전극 22 : 출광창[발명의 상세한 설명]본 발명은 광도파로를 따라 형성된 2차이상의 회절격자에 의해 광귀환되는 분포귀환형레이저 소자에 관한 것으로, 그 광출력을 방사모드의 형태로 출력시키는 그레이팅 결합형 표면 발광 레이저 소자 및 그 변조방법에 관한 것이다.

최근 광통신 및 광학 디스크 용 광원으로서 각종 반도체 발광소자가 흔히 사용되고 있다. 이 가운데에서도 광도파로를 따라 주기적 섭동구조(회절격자)로 설치한 분포귀환형(DFB(Distributed Feedback))반도체 레이저소자는 이 회절격자의 파장 선택성에 의해 단일파장(단일종(從)모드)으로 발진할 수 있다. 현재 이 소자는 장거리 고속 광통신용의 광원으로 GaInAsP/InP계의 재료를 사용해 실용화 되어있다. 분포 귀환형 반도체 레이저 소자의 구조중에서도 다음의 구조가 잘 알려져 있다. 절단면에 AR(무반사)코팅등으로 그 반사율을 저하시키며 또 그 공진기의 중앙에 회절격자의 주기의 불연속부(위향 시프터)를 갖는 구조이다. 이 불연속량이 관내 파장의  $E/4$ 에 해당하는 경우에는 브래그 파장(Bragg wavelength)으로 발진이 가능하다. 또, 이 구조에서는 다른 종 모드와의 이득차도 크므로 단일종모드 동작에 극히 유리하다. 이같은 분포귀환형의 발광소자에 한정되지 않고 절단면으로부터 빛을 출력시키는 타입의 반도체 발광소자에서는 출사 되는 비임의 수직방향의 퍼짐은 매우넓다. 이 퍼짐은 얇은 도파층(활성층을 포함하는)을 도파한 광의 단면에서의 스코트사이즈의 회절한계에 의해 결정되므로 비임의 지향성은 예를 들면 반치전각(半値全角)을 30-50. 이하로 하는 것은 어렵다. 따라서, 광파이버등 각종 광학계로의 결합효율도 크게 할 수 없다.

또 단면을 불완전한 수작업으로 절단시켜 만들기도 하고 또는 그 절단면에 유전체 박막이나 금속막을 코팅해서 반사율을 조정하는 등 수고가 든다. 따라서 그 제작공정은 현저하게 양산성이 낮다. 그런데 이 같은 통상의 단면출사형의 소자에 대해 광출력을 회절격자로 출력시키는 시도가 이루어지고 있다. 이것은 다음의 원리가 이용되고 있다.

즉 2차이상의 브래그회절을 발생하는 회절격자를 사용한 경우에는 그 차수미만의 회절광을 방사 모드로 협소한 비임으로 외부로 출력시키는 것이 가능하다. 특히 차수가 2차인 경우에는 그 출력은 도파로 방향(공진기 방향)에 대해 대략 수직으로 상하방향으로 꺼집어 낸다. 그리고 방사모드광은 공진기 방향의 비임의 퍼짐이 1. 정도로 좁으므로 각종 광학계와 고효율로 결합시킬 수 있다. 최근에는 GaAlAs/GaAs계 재료의 TJS형 레이저 소자로 시험 제작된 예가 알려져 있다(고우에이 외 전자정보통신학회 OQE-86-152). 그런데 이 반도체 발광소자로는 2차의 회절격자를 이용한 경우, 예리한 비임을 기판에 대략 수직으로 출력시키는 이점이 있는 그 방사 모드 출력은 공진기의 전장(全長)에 걸쳐 분포를 나타낸다. 따라서 출력광을 미소한 한점으로 결상하는 것은 곤란하다.

예를들면 제1a도의 구조로 설명한다. 즉 n형 InP기판(1)상에 2차의 회절격자(2)를 만들고 그위에 n형 GaInAsP광도파로층(3) ( $\lambda=1.15\mu\text{m}$ 띠 조성), 도프처리되지 않은 GaInAsP활성층(4) ( $\lambda=1.3\mu\text{m}$ 띠 조성), p형 InP클래드층(5), p+형 GaInAsP오믹콘택트층(6) ( $\lambda=1.15\mu\text{m}$ 띠 조성)을 순차적으로 적층해서 이루어지는 GaInAsP/InP계 분포귀환형 반도체 레이저 소자로 회절격자(2)가 균일하고 또 양단면의 반사율이 "0" 인 구조와 비료하면 도파모드의 축방향의 광강도 분포는 제1도(b)의 곡선(b)으로 된다.

여기서 Z방향의 전진파의 복소(複素)진폭을  $R(Z)$ (이하로 R로 줄임), 후퇴파의 복소진폭을  $S(Z)$ (이하 S로 줄임)로 하면 광강도분포는  $|R|^2 + |S|^2$ 로 된다. 이때 헨리(Henry)등이 지적하듯이 스톱밴드를 끼은 2개의 종 모드중 장파장쪽의 모드(-1차모드 ; 모드는 위상정수차로 정의하므로 파장과 부호는 역이 된다)는 도파모드의 전진파(R)(running wave)어와 후퇴파(S)(scattered wave)에 의해 발생하는 2개의 방사모드광이 합쳐져서 더욱 강한 간섭현

상을 일으켜 큰 표면 발광출력이 얻어진다.(IEEE Journal of Quantum electronics, Vol. OE-21, P.151,1985).

즉 방사모드광의 축방향의 근 시야상의 프로파일은  $|R+S|^2$ 로 표시되며 이 경우는 제1도(b)의 곡선(a)로 된다. 이에 비해 단파장측의 모드(+1차 모드)는 서로 반사방향으로 전달되는 2개의 광파, 전진파(R)와 후퇴파(S)에 의해 발생하는 2개의 방사모드광이 상쇄간섭(destructive interference)을 일으켜 결국 제1도(b)의 곡선(c)처럼 공진기(cavity)의 중앙이 오목해져 표면 발광출력이 작아진다. 그런데 양 종모드 모두 방사모드손(損)이 없다면 그 발진 스레시홀드 값이 이득은 같지만 -1차 모드는 방사모드손이 큰 부분만큼 스레시홀드 값이 크므로 발진되지 않는다. 즉 보강간섭(constructive interference)에 의해 방사모드손이 큰 -1차 모드는 발진에 불리하게 작용한다. 따라서 실제로는 방사모드손이 작은 +1차 모드로 발진한다.

실제는 방사모드 출력은 제1도(b)의 곡선(c)과 같이 공진기 중앙에서 거의 "0"이 된다. 즉 단부에만 약간의 출력이 분리되는 듯한 적절치 못한 발광패턴을 나타낸다. 이처럼 이대로는 효율이 아주 나빠 예리한 표면 발광비임을 출사시키는 것이 가능하다는 그레이팅 결합레이저 소자의 장점을 살리수 없었다. 또 반도체 레이저소자 전체에 주입되는 전류도 "온-오프" 하면 비교적 큰 진폭으로 변조시킬 필요가 있었다. 또 도파모드 광강도( $|R|^2 + |S|^2$ )가 공진기 방향의 한점에 집중되면 축방향의 공간적 홀 버닝(hole burning)(소우다 외 전자정보통신학회, 광양자일렉트로닉스 연구회 OOE 87-7pp. 49-56, 1986년)의 영향에 의해 발광의 안전성이 나빠졌다.

본 발명의 목적은 방사모드로 기판과 수직으로 광출력을 뽑아낼 수 있고 또 공진기 방향의 좁은 영역에 효과적으로 출력광을 집중시킬 수 있는 그레이팅 결합형 표면 발광 레이저 소자 및 그 변조 방법을 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 안정된 단일종모드로 표면발광이 얻어지는 그레이팅 결합형 표면 발광레이저 소자 및 그 변조 방법을 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 축방향의 홀 버닝의 영향이 작은 그레이팅 결합형 표면 발광레이저 소자 및 그 변조 방법을 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 적은 전류를 효율이 좋고 또 고속으로 변조가 가능한 그레이팅 결합형 표면 발광 레이저 소자 및 변조 방법을 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 빛으로 효율 좋게 그리고 고속으로 변조가 가능한 그레이팅 결합형 표면 발광레이저 소자 및 그 변조방법을 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 광학 결합 및 구동회로의 간단화로 광학정보기기 및 광통신 장치의 대폭적인 간단화가 가능해지는 그레이팅 결합형 표면 발광 레이저 소자 및 그 변조방법을 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 절단 및 절단 단면의 가공등이 불필요한 그레이팅 결합형 표면 발광 레이저 소자를 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 웨이퍼 상태로 평가가 가능한 그레이팅 결합형 표면 발광 레이저 소자를 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 양산성을 대폭 향상시킬 수 있는 그레이팅 결합형 표면 발광 레이저 소자를 제공하는 것이다.

본 발명의 그레이팅 결합형 표면 발광 레이저 소자는 도파로 광에 대해 2차 이상의 차수를 갖는 회절격자를 도파 방향을 따라 구비된 발광이 가능한 결정층을 전극층으로 삽입해 이루어지는 그레이팅 결합형 표면 발광레이저 소자에 있어서, 방사모드의 도파방향을 따른 발광패턴의 분포에 있어서, 소정의 광강도 보다 큰 광강도를 갖는 한정 영역으로 부터만 표면 발광출력을 출력시키는 것을 특징으로 한다. 이 그레이팅 결합형 표면 발광 레이저 소자가 공진기 방향으로 독립적으로 여기되는 복수의 영역으로 분할되어 있는 것이 바람직하다. 이들 복수의 영역을 독립적으로 여기시키므로서 효과적으로 공진기의 길이를 변화시키거나 또는 효과적으로 회절격자의 위상을 시프트시킴으로써 방사모드의 도파방향의 발광출력 패턴을 제어한다. 복수의 영역은 전류를 주입시켜 여기해도 좋고 빛으로도 여기해도 좋으며 일부는 전류의 주입으로 일부는 빛으로 여기해도 좋다.

본 발명은 도파방향을 따른 방사모드의 발광 패턴의 분포에 있어서 소정의 광강도보다 큰 광강도를 갖는 한정영역으로 부터만 표면 발광출력을 꺼집어 내므로 미소한 점으로부터 지향성이 좋은 비임을 얻을 수 있다.

예를들면  $\lambda/4$ 위상 시프터를 갖는 그레이팅결합형 표면 발광 반도체 레이저소자는 브래그파장으로 발진이 가능하다. 게다가 0차 모드의 축방향의 방사모드계 ( $|R+S|^2$ )

$2_+$ 과 도파로모드계( $|R|^2 + |S|^2$ )는 제2도에 프로파일을 곡선(a)으로 나타내듯이 상이한 분포를 나타낸다. 따라서 공진기길이 전체에 걸쳐 방사모드의 출력이 얻어질 가능성이 있다. 그리고 이 0차 모드는 다른 종 모드(예를 들면 +1차, -1차모드)와의 스레시홀드값이 이득차( $\Delta\alpha L = \alpha$

$\ln L_0 - \alpha_{th} L^{\pm}_1$  단, 공진기 길이 L을 곱해 규격화 하고있다)가 크다.

따라서 제2도에 프로파일을 곡선(b)으로 나타내는 +1차 모드의 쪽이 방사모드손이 적음에도 불구하고 0차 모드에서 발진을 실현할 수 있다. 왜냐하면 0차 모드의 방사손을 이득차가 능가하기 때문이다. 또 규격화 결합계수( $kL$ )가 1.25.보다 큰 경우에는  $\lambda/4$ 위상 시프트 위치에 방사 모드광이 집중된다. 여기서 결합계수(k)는 R파와 S파의 결합의 정도를, "L"은 공진기 길이를 나타낸다.

따라서 공진기 중앙이 블록하게 되는 분포가 실현되어 효율이 높은 방사 모드의 출력을 낼 수 있다.(제2도는  $kL=2.0$ )으로 이 경우에 해당한다. 그러나 도파모드의 광강도 분포  $|R|$

$2_+ |S|^2$ 에 큰치우침이 있는 경우에는 축방향의 공간적 홀버닝(소우다 외, 전자 정보 통신학회, 광양자 일렉트로닉스 연구회 OOE87-7pp. 49-56, 1986년)의 작용으로 주입캐리어 밀도의 공간적인 변화가 종모드의 변화를 유도한다. 따라서  $\lambda/4$ 위상 시프트 위치에 도파모드광이 집중된 경우에는 이 축방향의 홀 버닝 때문에 모처럼 큰 값이  $\Delta\alpha L$ 이 작아진다. 즉 발진 직후에 자주 +1차 모드로 모드 점프해 버린다.

이 축방향의 홀 버닝을 방지하기 위해서는 규격화 결정계수( $kL$ )를 1.25부근으로해 공진기 길이의 전체에 걸쳐 일정하게 발광되도록 하면 좋다. 그러나 이 경우 효율적으로 출력광을 한점에 집중시키기 어려워진다. 이 그레이팅 결합형 표면 발광 레이저 소자는 광출력쪽의 전극층을 어떤 영역과 그 이외의 복수의 광강도 영역에 독립적으로 전류를 주입해서 각 영역을 여기 하도록 분할해서 구성할 수도 있다.

각각 독립적으로 복수의 영역의 여기레벨을 조정함으로써 방사모드광의 강도분포( $|R+S|^2$ )의 형상)를 조절할 수 있다. 이로써 미소한 출광창의 바로밀의 강도를 변화시켜 표면 발광이 출력 변조를 가능하게 하고 있다.

변조방법에 대해 설명한다.

우선 여기길이(L)를 바꾸어  $kL$ 의 값을 바꾸어 변조한다. 일반적으로 중앙부에  $\lambda/4$ 위상 시프트가 있어도  $kL$ 값이 1.25보다 아주 작으면 공진 중앙부에서의 방사모드의 분포는 작아진다. 이때 이 중앙부 상측에 출광창을 설치해도 광출력은 거의 얻어지지 않는다. 그러나 이 소자의 또 다른 바깥쪽으로 여기하면 전 공진기 길이가 길어진 것에 대응해서  $kL$ 의 값은 커진다. 이로써  $kL$ 의 값이 1.25를 초과하면 중앙부의 방사모드의 강도가 증가해서 출고아창으로부터 출력시킬 수 있다. 또 다른 변조방법은 등가적인 위상 시프트 양을 제어함으로써 그 창으로부터의 출력을 조절하는 것이다. 즉  $kL$ 이 1.25보다도 클때 등가적인 위상 시프트의 양을 제어해서  $\lambda/4$ 상당의 광로의 위상차(전반(傳搬)정수차)를 발생시키면 그 브래그 파장으로 발진해 중앙부에서 강한 방사 모드광이 얻어진다. 즉 중앙부의 도파로부의 등가굴절률이 주변과 같으면 공진기를 따른 방사모드의 광분포는 반드시 중앙부근이 "0"이 된다. 이것은 이 오목형분포를 갖는 종 모드의 스레시홀드 값이 가장 낮기 때문이다.

한편 중앙부의 등가굴절률을 억제해서  $\lambda/4$ 상당의 광로의 위상차(전반정수차)를 발생시키면 그 브래그 파장으로 발진해 중앙부에서 강한 방사모드광이 얻어진다. 따라서 중앙부에 창을 설치하면 표면발광출력의 변조가 가능해진다. 또 본 발명의 그레이팅 결합형 표면 발광 레이저 소자는 회절격자에 위상을 시프트시키는 위상 시프트장치를 여러개 갖는다. 여기서 위상시프트 장치라는 것은 회절격자에 실제로 고정된 위상 시프트를 설치해 구성해도 좋고 또는 전류를 억제해서 활성층의 굴절률 및 도파로의 실효굴절률을 변화시켜 구성해도 좋다. 적절하게는 이 그레이팅 결합형 표면 발광 레이저 소자는 한 개 이상의 여러 위상장치가 독립적으로 여기되는 복수개의 전극영역으로 분할되어 구성되어 있다.

본 발명의 그레이팅 결합형 표면 발광레이저 소자의 변조 방법은 이 위상 장치에서 여러영역을 독립적으로 여기함에 따라 위상 시프트의 양을 제거해서 방사모드의 도파바향의 발광출력 패턴을 제어한다. 여러개의 영역은 전류의 주입으로 여기해도 좋고 빛으로 여기해도 좋으며 일부는 전류의 주입으로 일부는 빛으로 여기해도 좋다. 즉 한 개 이상의 위상 시프트 장치의 위상 시프트량을 전류의 주입 또는 빛으로 동시에 또는 독립적으로 조정함으로써 위상 시프트 부분 사이의 방사 모드광의 발광 패턴을 철저히 제어할 수 있다. 그리고 이들 위상 시프트 사이에서 빛을 꺼집어 내는 출력창을 설치해 두면 미소 영역에서의 출력 변조가 가능하다. 그리고 이 방법에 따르면 축방향의 홀 버닝을 방지하면서 안정된 방사모드광의 집중이 얻어진다. 단 아랫방향으로 방사된 빛은 윗면으로부터 반사되어 출력과 바람직하지 않은 간섭을 일으키지 않도록 이 반사를 막을 필요가 있다. 또는 윗면으로부터의 방사광은 출력광과 보강간섭을 일으켜 강도가 증강되도록 해야한다. 전술에서와 같이 본 발명에 따르면 안정된 단일 종모드에서의 표면 발광이 얻어진다. 또 방사모드의 보강 간섭을 면적에 집중시키는 것이 가능하므로 효율 좋게 외부로 방사모드 출력을 출력시킬 수 있다.

그리고 전류 또는 빛에 의한 고속, 고효율의 변조가 가능하다. 덧붙여 작은 발광영역에서 예리한 방사비임을 출력

시킬 수 있다. 이 방식각은 출광창의 가공을 더욱 줄일 수 있다. 따라서 광학 결합 및 구동회로의 간단화로 이 소자를 사용한 광학 정보기기 및 광통신장치의 대폭적인 간소화가 가능해진다. 또 이소자는 표면발광동작이 본질이고 벽개 및 벽개단면의 가공들이 불필요하다. 그리고 웨이퍼 상태로의 평가도 가능하다. 따라서 소자의 양산성의 대폭적인 향상의 실현이 가능하다. 이하 본 발명의 그레이팅 결합형 표면 발광 반도체 레이저 소자 및 그 변조방법에 대해 도면을 참조해서 설명한다.

[실시에 1] 제3a도는 본 발명의 그레이팅 결합형 표면발광 반도체 레이저 소자를 나타내는 종횡단면도 및 평면도이다. n형 InP기판(1)상에는  $\lambda/4$ 위상 시프터(10)가 형성된 2차 회절격자(2)가 설치되어 있으며 그 위에 n형 GaInAsP 광도파로층(3), 도파처리가 없는 GaInAsP활성층(4), p형 InP클래드층(5), P

\*형 GaInAsP오믹 콘택트층(6)을 액상에픽택설 성장법으로 차례로 적층했다.

그 뒤 에칭으로 매사 스트라이프부를 만들고 그 주위를 역바이어스 p-n접합(역정합)을 갖는 p형 InP층(7), n형 InP층(8) 및 p형 캡층(9)을 차례로 결정성장시켜 매립한 BH구조를 만들었다. 그 뒤 p측 전극(21) 및 n측전극(11)을 형성했다. 도파로층(3), 활성층(4)으로 이루어지는 스트라이프부를 제3a도의 평면도에 점선으로 나타낸다. InP층(7)(8)의 경계에서는 다이오드의 역접합(20)으로 전류가 블록되어 있다. 이 때문에 전류를 활성층 스트라이프층(4)에만 효율 좋게 주입된다. 공진기의 단면 근방에서는 p측 전극(21)을 구성하지 않고 여기하지 않는 영역으로 사실상의 양단면 무반사(예를들면, 반사율 5%이하)로 해서 절단면을 불필요하게 했다. 또, p측 전극(21)은  $\lambda/4$ 위상시프터(10)가 있는 중앙부 부근에 출광 개구부(22)를 갖고 있다. p측 전극(21)의 길이를 L로 나타낸다. 제3a도(b)에서는 공진기길이(L)를 1.0mm으로 충분히 크게 함으로써  $kL > 2$ 라는 큰값을 얻을 수 있어 면발광의 파워를 중앙부에 집중시키는 것이 가능했다. 이광 파워의 일부는 2차 회절격자로 발생되는 방사모드로 출광창(22)으로부터 방사된다.

[실시에 2] 제4a 내지 c도는 본 발명의 그레이팅 결합형 표면 발광 반도체 레이저 소자를 나타내는 종횡단면도 및 평면도이다.

이 그레이팅 결합형 표면 발광 반도체 레이저 소자는 실시예 1과 같이 GaInAsP/InP계 재료를 사용하고 있으며 실시예1과는 P측 전극(21)의 구조만 다르다.

즉 p측 전극(21)은 중앙부 부근의 중앙전극(21a)과 주변전극(21b)으로 분리되어 형성되며 각각에 독립적으로 전류의 주입이 가능하도록 되어 있다.

중앙전극(21a)는 출광창(22)을 갖는다. 2차 회절격자(2)에 의한 결합계수(k)은 약 20cm

$^{-1}$ 이었다. 중앙전극(21a)에 의한 여기 영역 길이( $L_c$ )는 약 200 $\mu$ m로 하고  $kL_c=0.4$ 로 설계했다. 주변전극 영역길이( $L_1$ ), ( $L_r$ )는 각각 400 $\mu$ m로 하고  $K \cdot (L_1+L_r)=1.6$ 으로 했다.

중앙전극(21a) 및 주변전극(21b)에 전류가 주입된 경우의 kL값은 2.0이었다.

이것은 중앙부에 광파워를 집중시키는데는 충분한 크기이다.

단 너무 kL이 커져 파워의 집중이 과다하면 축방향의 홀 버닝에 의한 다른 모드로의 점프가 일어난다.

주변전극(21b)에만 바이어스 전극을 약 80mA통전하고 있는 경우는 주변전극영역( $L_1$ )( $L_r$ )의 강도분포는 제4b도에서처럼 내부에서 에너지가 손실될 뿐이다(단면 부근 및 중앙부에 비여기 영역에서 감쇄한다. 또 출광창부분(22)이외를 흡수성 전극재료로 또는 밴드캡의 작은 4원 캡츠으로 덮어 두면 방사 모드 광이라해도 외부로 빠져 나가지 못한다).

또 각각의 분포는 전진파(R)와 후퇴파(S)의 간섭이 취소되도록 움직여 중앙부가 함몰된다. 그리고 중앙전극영역(21a)에 약 20mA의 스윗칭 전류를 가했을 때 이것은 주변전극영역(21b)과 같은 주입전류 밀도이다.

제4도(d)에서 처럼 빛의 파워는 중앙부에 집중됐다. 따라서 방사모드에 의한 예리한 고휘도, 고출력의 비임을 꺼집어 낼수 있었다.

이때 kL의 값은 약 2.0이었다. 이 같이 작은 수윗칭펄스로 큰 광출력을 꺼집어 낼수 있다. 또 중앙전극 (21a)에 대한 전류 여기에 의하지 않고도 광비임의 입사에 의한 광여기에 의해서도 스윗칭 동작이 가능하다.

이때 바이어스 전류가 큰 때에는 광신호의 증폭도 가능해 광증폭기를 구성하는 것도 가능하다. 그리고 주변전극 (21b)을 오프 상태로 해두고 중앙전극(21a)만을 온 상태로 해둔 경우에는 제4도(c)에서 처럼 중앙부가 옅은 광 분포로 되어 저출력레벨로 된다.

이때 주변전극(21b)에 서서히 전류를 흐르게 하든가 또는 주변전극(21b)을 복수개로 분할해서 다수의 레벨로 동작시킴으로 중앙부로부터의 광출력 레벨의 조정(변조)을 하는 것도 가능하다.

[실시예3] 제5a도는 본 발명의 그레이팅 결합형 표면 발광 반도체 레이저 소자를 나타내는 종횡단면도 및 평면도이다.

이 그레이팅 결합형 표면 발광반도체 레이저 소자는 실시예 2와 같이 GaInAsP/InP계 재료를 사용한 그레이팅 결합형 표면발광형 반도체 레이저소자이며 실시예2와 다른점은 회절격자의 중앙부에는 위상 시프터(제4a도의 10)를 설치하고 있지 않다는 것이다. 또 중앙전극(21a)의 길이(Lc)는  $30\mu\text{m}$ 이다.

주변전극(21b)의 길이(Ll)(Lr)는 각각 약  $150\mu\text{m}$ 이며 중앙전극(21a)의 길이(Lc)는  $30\mu\text{m}$ 이다.

따라서 주변전극(21b)에 30mA, 중앙전극(21a)에 3mA의 전류를 통하면 일정한 캐리어의 주입이 이루어져 제5도(b)에서처럼 -1차 모드에서의 발진이 개시된다.

즉 중앙부에서의 방사 모드가 극히 작게 주변부에서 방사모드가 나타난다.

이때 출광창(22)으로부터는 광출력이 당연히 얻어지지 않았다.

다음에 주변전극(21b)에로의 전류값을 바이어스 조건으로 중앙전극(21a)에 10mA의 전류를 통했더니 주입 캐리어 밀도의 증가로 등가 굴절율이 변해 등가적인  $\lambda/4$ 시프트의 조건을 만족했다.

이때 브래그 조건으로 발진하는 0차 모드가 발진해 제5도(C)에서처럼 중앙부에 방사모드가 집중되어 출광창(22)으로부터 기판에 대해 대략 수직방향으로 방사각이 좁은 ( $\theta_{11} \times \theta_{12} = 30.^\circ \times 1.^\circ$ ) 비임이 얻어졌다.

단 본 실시예에서도 수 mW이상의 빛을 작은 출광창으로부터 얻도록하면 축방향의 흩어짐으로 다시 중앙부가 오목해지는 모드로 점프했다.

본 실시예의 방법은 실시예2처럼 KL를 제어한 것은 아니고 등가적으로 위상 시프트의 양을 제어한 것이다.

단 실시예1내지 실시예3에서는 방사 모드 광만을 창부분으로 집중한 것은 아니고 도파모드 자체를 상부분 바로 밑으로 집중시키고 있다.

따라서 축방향의 흩어짐의 영향으로 발광의 안정성이 나빠진다.

이러한 구조로는 크게 방사모드광을 집중시키는데는 한계가 있었다. 따라서 도파모드의 축방향의 광강도의 분포는 일정하게 방사 모드광만 목표로 하는 창밑에서 강해지는 구조가 적절하다.

이 같은 그레이팅 결합형 표면 발광 반도체 레이저 소자를 실시예4에 기술한다.

[실시예4] 제6a도 내지 (c)는 본 발명이 그레이팅 결합형 표면 발광 반도체 레이저 소자를 나타내는 종횡단면도 및 평면도이다.

이 그레이팅 결합형 표면 발광반도체 레이저 소자는 실시예 3와 같이 GaInAsP/InP계 재료를 사용한 그레이팅 결합형 표면 발광형 반도체 레이저 소자이며 실시예 3과는 p측 전극(21)의 구조 및 양단면이 다르다.

양단면은 사실상의 무반사단면으로 한다.

비 여기 흡수영역으로도 AR-코팅으로 해도 좋지만 여기에서는 간단화를 위해 AR-코팅(12)으로 했다.

p측 전극(21)은 중앙부 부근의 중앙전극(21a)과 다른 주변전극(21b)으로 분리형성되어 각각에 독립적으로 전류 주입하도록 되어 있다.

중앙전극(21a)은  $30\mu\text{m}$ 만 떨어진  $2\mu\text{m}$ 지폭의 2개의 전극지로 구성되어 있다. 또 중앙전극(21a)의 전극지에 끼워진 주변전극(21b)에는 폭이  $5\mu\text{m}$ 인 출광창(22)이 뚫려 있다.

p형 InP클래드층(5)을 비교적 두껍게 성장시킴에 따라 주변전극(21b)으로부터 주입되는 많은 양의 전류는 창(22) 바로 밑의 활성층(4)에도 퍼져 흘러들어가 일정한 여기가 실현된다.

이 같은 그레이팅 결합형 표면 발광형 반도체 레이저를 사용하면 전류를 제어함에 따라 중앙전극(21a) 밑의 주입 캐리어 밀도를 주변전극(21b)에 대해 상대적으로 변화시킬 수 있다.

이러한 캐리어 밀도의 변화가 활성층(4)의 굴절률을 상대적으로 변화시킨다. 도파로(3)의 실효굴절률이 변화하므로 도파광이 증가적으로 회절격자(2)의 위상에 대해 이 영역의 통과직후에 상대변화를 경험한다.

따라서 이 같은 구성의 p측 전극(21)은 30 $\mu$ m만 떨어진 위치에 조정이 가능한 2개의 위상 시프터를 설치한 것과 등가로 된다.

이때 여기되고 있는 공진기길이(L)은 300 $\mu$ m으로 했다. 그리고 위상 시프터의 위상을 조정가능하게 할 필요가 없을 때는 실제의 회절격자에 위상 불연속부를 고정해서 설치할 수도 있다.

이때 p측 전극(21)은 중앙전극(21a)의 주변전극(21b)으로 분리할 필요는 없다.

또 KL의 값은 도파로 모드가 비교적 일정하므로 1.25부근으로 축방향의 홀버닝의 영향을 작게 하고 있다.

다음에 이 그레이팅 결합형 표면 발광 반도체 레이저 소자의 동작을 설명한다.

제7도는 2개의 위상 시프터의 시프트량( $\Delta\theta_1$ ), ( $\Delta\theta_2$ )를 변화시킨 경우의 축방향의 방사모드의 강도분포( $|R+S|^2$ )와 일부도파로 모드의 강도분포( $|R|^2 + |S|^2$ )는 제7도에서 곡선(a)로 표시되며 비교적 일정하다.

또  $\Delta\theta_1 = \Delta\theta_2 = 3\lambda/8$ 로 했을 때 방사모드( $|R+S|^2$ )의 분포는 곡선(b)으로 표시된느 프로파일이다.

즉 중앙부의 출광창(22)으로부터 방사모드 출력을 꺼집어 낼 수 있다.

본 발명의 그레이팅 결합형 표면 발광 반도체 레이저 소자는 공진기 길이 전체를 흐르는 전류를 온, 오프해도 출력을 변조할 수 있다. 그러나 좀더 효과적인 변조방법은 p측 전극(21)의 주변전극(21b)에 바이어스를 가해 발진 상태로 해두고 작은 전극지인 중앙전극(21a)에 변조신호를 인가하는 것이다.

즉  $\Delta\theta_1 = \Delta\theta_2 = 0$ 이 되도록 중앙전극(21a)에 흐르는 전류를 조정 한 단계에서는 방사모드( $|R+S|^2$ )의 분포는 곡선(d)으로 나타낸다.

따라서 출광창(22)로부터 방사모드 출력은 거의 꺼집어 낼수 없다(오프상태).

이에 대해  $\Delta\theta_1 = \Delta\theta_2 = 3\lambda/8$ 이 되도록 중앙전극(21a)을 변조하면 방사모드의 분포는 곡선(b)이 된다.

즉 출광창(22)으로부터 방사 모드 출력을 꺼집어 낼수있다(온상태).

여기서 소자가 바이어스 되어 있는 것과 중앙전극(21a)의 전극면적이 작으므로 변조펄스의 진폭을 작게할수 있으므로 고속으로 고효율의 변조가 가능해진다.

또한, 이것 이외의 위상 시프트량의 조건에서도 변조할 수 있다.

즉,  $\Delta\theta_1 = \Delta\theta_2 = 3\lambda/8$ 의 때는, 곡선(c)과 같이, 중앙부의 출광창(22)에만, 상쇄간섭을 일으킬 수 있다.

이것을 이용해서,  $\Delta\theta_1 = \Delta\theta_2 = 3\lambda/8$ (오프상태)에서  $\Delta\theta_1 = \Delta\theta_2 = 3\lambda/8$ (온상태)로 변화시키도록 변조를 행해도 광펄스의 발생이 가능하다.

제8도에 본 발명의 그레이팅 결합형 표면 발광 레이저 소자의 방사모드 출력의 원(遠)시야상을 나타낸다.

비임의 확장은 공진기 방향에서는, 약 1.로 대단히 좁다.

도파로의 폭방향에서는, 통상의 단면 발광 레이저와 같이 약 30. 이다. 또한 발광부의 면적은  $5 \times 2 \mu\text{m}^2$ 이다.

2이다.

이대로도, 종래의 반도체 레이저, 발광 다이오드와 비교해서 충분히 좁은 비임이 얻어지고 있다.

따라서, 직접 광 파이버등에 결합해서도 실용적인 결합효율이 얻어진다.

더우기, 이 창부(22)에 실린더형, 렌즈, 그레이팅 렌즈등의 가공을 행하면, 더욱 비임을 좁게 할 수 있다.

이들은, 결정 웨이퍼의 표면의 가공으로 형성할 수 있기 때문에 곤란은 적고, 양산에 적합하다.

[실시예5]제9a도 내지(c)를 이용해서 본 발명의 그레이팅 결합형 표면 발광 반도체 레이저 소자를 설명한다.

본 실시예에서는, 300 $\mu$ m의 공진기 길이의 중앙부에서 서로 30 $\mu$ m떨어져서 회절격자에 두개의  $\lambda/4$ 위상시프터를 설치했다.

이때, 두개의 위상 시프터의 시프트량의 합계는  $\lambda/2$ 로 되어, 방사모드손이 없으면 발진해야 하는 도파로 모드는,  $\pm 1$ 차 모드이다.

그러나 방사모드의 어떤 경우는, 제9a도의 방사모드 프로파일을 갖는 +1차 모드와, 제9도(b)의 방사모드 프로파일을 갖는 -1차 모드로 된다.

따라서, 방사모드손이 적은 +1차 모드로 발진한다.

더우기, 이경우는 두개의  $\lambda/4$ 상 위상 시프터에 둘러싸인 좁은 중앙부의 방사 모드를 강하게 할 수 있다.

이 때문에, 중앙부에서 효율이 좋은 방사모드 출력을 뽑을 수 있다.

또한 두개의 위상 시프터 가운데, 하나를 회절격자에 설치하고, 다른쪽으로는 위상 시프트량을 전기적으로 조정하도록 해도 좋다.

즉, 제9도(c)에 나타난 것처럼, 한 개의 위상 시프터의 위상 시프트량을  $\Delta\theta_2=3\lambda/8$ 로 고정해서, 다른 위상 시프터의 위상 시프트량을  $\Delta\theta_1=\lambda/8$ 로 하면, -1차 모드발진함과 동시에, 중앙부에서 약간 돌출한빛을 끄집어 내는 것이 가능하다.

또한 이경우는 비대칭성이 나타난다.

또한, 두개의 위상 시프터를 그의 위상 시프트량을 전기적으로 조정가능하게 구성함과 동시에, 한 개의 위상 시프터의 위상 시프트량을 고정시키고, 다른 위상 시프터의 위상 시프트량을 제어해서 변조해도 좋다.

특히, 본 발명의 그레이팅 결합형 표면발광 레이저 소자에서는, 두개의 위상 시프터를 갖는 경우에 한정된 것이 아니고, 세 개이상의 위상 시프터를 조합해서, 공진기 방향의 임의의 장소의 방사 모드 빛을 선택적으로 강하게 하도록 해도 좋다.

또한, 출광창도 결정성장 쪽인 경우에 한정하지 않는다.

결국, 성장측쪽을 아래로 해서 마운트하는 경우에는, n측 전극쪽에 출광창을 설치해도 좋다.

이 경우, 방사광에 대해 기판이 불투명한 경우(GaAs계의 경우)는, 기판의 일부를 제거하는 것도 본 발명의 취지에 포함된다.

## (57)청구의 범위

### 청구항1

도파로층 및 광이 전파되는 길이로서 한정되는 레이저 공진기에 따라 연장하는 2차이상의 회절격자를 갖는 결정 활성층구조체, 결정활성층 구조체를 여기하기 위해서, 상기 결정활성층 구조체를 샌드위치하는 두개의 전극, 상기 전극들중에 있고, 2개의 역주행광도파로에 의해 공급된 방사모드로서 상기 결정활성층 구조체에 표면으로부터 출력비임을 얻는 적어도 하나의 창과, 상기 창에 해당하는 결정활성층 구조체의 영역에서 구조적으로 간섭하도록 상기 방사모드를 발생하기 위해서 상기 회절격자의 위상 시프트 효과를 제공하는 위상 시프트수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 그레이팅 결합형 표면발광 레이저소자.

### 청구항2

제1항에 있어서, 상기 전극중의 어느 하나는 상기 결정 활성층 구조체의 해당 활성영역을 여기하기 위해 복수의 전극영역으로 선택적 및 개별적으로 전류를 주입하도록 복수의 전극영역으로 분할하는 것을 특징으로 하는 그레이팅 결합형 표면발광 레이저소자.



**청구항3**

제1항에 있어서, 상기 위상 시프트 수단은 상기 결정활성층 구조체의 해당활성층으로 선택적 및 개별적으로 전류를 주입하도록 복수의 전극영역으로 분할된 상기 전극층의 어느하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 그레이팅 결합형 표면발광 레이저소자.

**청구항4**

도파로층 및 광이 전파되는 길이로서 한정되는 레이저 공진기에 따라 연장하는 2차이상의 회절격자를 갖는 결정 활성층 구조체, 결정활성층 구조체를 여기하기 위해서, 상기 결정활성층 구조체를 샌드위치하는 두개의 전극, 상기 전극들중에 있고, 2개의 역주행광 도파로에 의해 공급된 방사모드로서 상기 결정활성층구조체의 표면으로부터 출력비임을 얻는 적어도 하나의 창과, 상기 창에 해당하는 결정활성층구조체의 영역에서 구조적으로 표면으로부터 출력비임을 얻는 적어도 하나의 창과, 상기 창에 해당하는 결정활성층구조체의 영역에서 구조적으로 간섭하도록 상기 방사모드를 발생하기 위해서 상기 회절격자의 위상 시프트효과를 제공하는 위상시프트수단을 포함하고, 상기 전극층의 어느하나가 적어도 하나의 다음의 제1 및 제2전극구성을 가지고, 상기 제1구성에서 상기 전극이 상기 결정활성층 구조체의 해당활성층 영역을 여기하기 위해 복수의 전극영역으로 선택적 및 개별적으로 전류를 주입할 수 있도록 복수의 전극영역으로 분할되며, 상기 제2구성에서 상기 전극이 복수의 창을 통해서 광학펌핑에 의해 선택적 및 개별적으로 상기 결정활성층 구조체의 해당활성층영역을 여기할 수 있도록 복수의 창을 가지는 그레이팅 결합형 표면발광 레이저소자의 변조방법에 있어서, 공진기길이를 변화하기 위해 적어도 하나의 전류주입 및 광학펌핑에 의해 개별적으로 활성영역중의 어느하나를 여기함으로써 공진기에서 따라 방사모드의 출력 필드패턴을 제어하는 스텝을 포함하는 것을 특징으로 하는 그레이팅 결합형 표면발광 레이저소자의 변조방법.

**청구항5**

도파로층 및 광이 전파되는 길이로서 한정되는 레이저 공진기에 따라 연장하는 2차이상의 회절격자를 갖는 결정 활성층 구조체, 결정활성층 구조체를 여기하기 위해서, 상기 결정활성층 구조체를 샌드위치하는 두개의 전극, 상기 전극들중에 있고, 2개의 역주행 광도파로에 의해 공급된 방사모드로서 상기 결정활성층 구조체의 표면으로부터 출력 비임을 얻는 적어도 하나의 창과, 상기창에 해당하는 결정활성층 구조체의 영역에서 구조적으로 간섭하도록 상기 방사모드를 발생하기 위해서 상기 회절격자의 위상 시프트효과를 제공하는 위상 시프트 수단을 포함하고, 상기 위상시프트 수단이 적어도 하나의 다음의 제1 및 제2위상시프트수단을 가지고, 상기 제1위상 시프트수단이 상기 결정활성층 구조체의 해당활성층영역을 여기하기 위해 복수의 전극영역을 선택적 및 개별적으로 전류를 주입하도록 복수의 전극영역으로 분할되는 전극을 포함하며, 상기 제2위상 시프트수단이 복수의 창을 통해서 광학 펌핑에 의해 선택적 및 개별적으로 상기 결정활성층 구조의 해당활성층 영역을 여기할 수 있도록 상기 전극층의 어느하나에 있는 복수의 창을 포함하는 그레이팅 결합형 표면발광 레이저소자의 변조방법에 있어서, 복수의 창중의 어느하나를 통해서 복수의 전극영역중의 어느하나로 전류를 선택적 및 개별적으로 주입하고 선택적 및 광학적으로 펌핑하는 적어도 하나의 수단에 의해 방사모드의 위상시프트량을 변환함으로써 공진기에 따라 방사모드의 출력 필드패턴을 제어하는 스텝을 포함하는 것을 특징으로 하는 그레이팅 결합형 표면발광 레이저소자의 변조방법.

**청구항6**

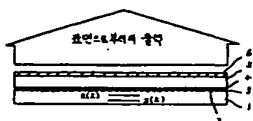
제1항에 있어서, 상기 전극층의 어느 하나는 복수의 창을 통해서 광학 펌핑에 의해 선택적 및 개별적으로 상기 결정활성층 구조체의 해당활성층영역을 여기할 수 있도록 복수의 창을 갖는 것을 특징으로 하는 그레이팅 결합형 표면발광 레이저소자.

**청구항7**

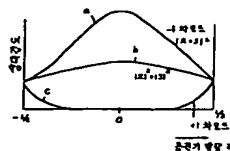
제1항에 있어서, 상기 위상시프트 수단은 상기 결정활성층 구조체의 해당 활성층영역을 여기하기 위해 복수의 창을 통해서 광비임을 각각 주입할 수 있도록 상기 전극층의 어느하나에 복수의 창으로써 설치되는 것을 특징으로 하는 그레이팅 결합형 표면발광 레이저소자.

도면

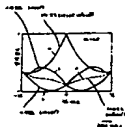
도면1-a



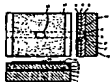
도면1-b



도면2



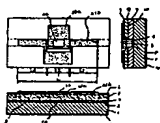
도면3-a



도면3-b



도면4-a



도면4-b



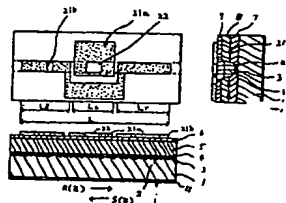
도면4-c



도면4-d



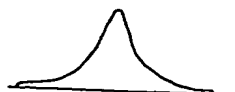
도면5-a



도면5-b

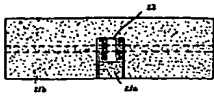


도면5-c

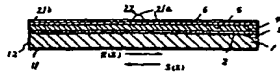


BEST AVAILABLE COPY

도면6-a



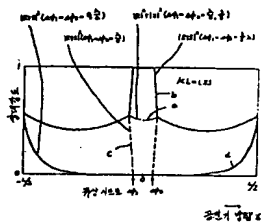
도면6-b



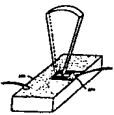
도면6-c



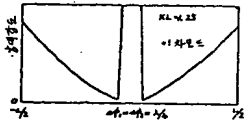
도면7



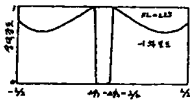
도면8



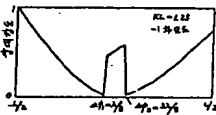
도면9-a



도면9-b



도면9-c



BEST AVAILABLE COPY